

CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E DE ALVENARIAS DE BLOCOS DE TERRA

Nuno Duarte Gomes¹, Paulina Faria^{2*} e Vítor Silva³

1: Dep. Eng. Civil, FCT, Universidade Nova de Lisboa,
2829-516 Caparica
nd.gomes@campus.fct.unl.pt

2: UNIC, Dep. Eng. Civil, FCT, Universidade Nova de Lisboa,
2829-516 Caparica
paulina.faria@fct.unl.pt

3: Dep. Eng. Civil, FCT, Universidade Nova de Lisboa,
2829-516 Caparica
vmd.silva@fct.unl.pt

Palavras-chave: Argamassa, Bloco de alvenaria, Terra, Cal, Caracterização

Resumo. *As alvenarias constituem uma tecnologia construtiva muito corrente. Geralmente os blocos ou unidades de alvenaria são assentes através de argamassas, com as quais têm de ser compatíveis em termos mecânicos e físicos. As argamassas para alvenarias correntes atualmente, geralmente constituídas por tijolo furado ou blocos de betão, são normalmente à base de cimento e muitas vezes não são compatíveis com blocos constituídos por outros tipos de material, nomeadamente com blocos de terra comprimidos ou extrudidos, não cozidos, ou com blocos de adobe.*

Este tipo de blocos são produzidos em Portugal, e por todo o mundo, e o interesse pelo seu uso tem vindo a crescer, aliado também ao crescente interesse por tecnologias construtivas que sejam mais ecoeficientes. Quando os blocos são constituídos por terra estabilizada com cimento ou cal hidráulica é necessário avaliar quais as argamassas que são compatíveis, o que vai depender das características dos próprios blocos; quando são constituídos por terra estabilizada com cal aérea (caso dos tradicionais adobes da região de Aveiro) é provável que sejam as argamassas que contenham cal aérea as mais adequadas; quando são constituídos por terra, sem introdução de qualquer outro ligante (para além da argila), é provável que as argamassas mais eficientes sejam só de terra.

Na presente comunicação formulam-se e caracterizam-se diversas argamassas - de terra e de cais, aérea e hidráulica de fabrico nacional –, discute-se a sua compatibilidade com blocos de alvenaria e procede-se à sua aplicação em provetes constituídos por blocos maciços para ensaio de compressão axial e ao seu ensaio. Analisam-se os resultados obtidos na caracterização individual das argamassas, dos blocos e no ensaio de compressão axial das alvenarias, procurando avaliar a influência da argamassa utilizada. Constata-se a elevada resistência à compressão da argamassa de terra analisada e o acréscimo de resistência da alvenaria que pode ser obtido pela calcinação de blocos. Registam-se valores interessantes de resistência à compressão obtidos por blocos de terra não estabilizada de produção nacional e a reduzida resistência de blocos com incorporação de RCD, cujas condições de produção e cura interessa analisar. Ressalta-se o interesse do desenvolvimento e estabelecimento de normalização nacional.

1. INTRODUÇÃO

A construção em terra tem sido usada desde há milhares de anos por várias civilizações por todo o mundo. Muitas técnicas diferentes foram sendo desenvolvidas consoante a localização geográfica, as disponibilidades materiais e ao nível de equipamentos e mão-de-obra, e as condições meteorológicas existentes em cada local. Estima-se que actualmente pelo menos um terço da população mundial vive em casas que usam a terra como material de construção [1]. A construção em terra caiu em desuso em alguns países mais desenvolvidos durante algumas décadas. Durante este período de tempo não houve passagem de know-how entre gerações, saber esse que já vinha sendo transmitido desde há várias gerações. Mas, principalmente desde os anos 80 do século XX, e particularmente no século XXI, uma renovada atenção tem sido dada à construção com este material [2].

A construção com terra apresenta grandes vantagens em termos de conforto higrotérmico e acústico e a sua sustentabilidade ambiental é inquestionável. Com efeito, sendo um recurso disponível em quantidade no próprio local de construção ou arredores e que pode ser utilizado apenas após destorroamento, evitam-se, desta forma, consumos de energia na produção e no transporte bastante significativos [3]. Uma das utilizações da terra na construção de paredes é através de alvenarias de blocos de terra. No âmbito deste último caso, entraram em vigor muito recentemente duas normas DIN relativas aos termos, definições, requisitos e métodos de ensaio de argamassas de terra para o assentamento de alvenarias [4] e aos próprios blocos de terra [5]. Relativamente a argamassas para alvenarias de blocos de terra estabilizados com ligantes minerais existem normas de diversos outros países que referem alguma informação, nomeadamente a espanhola [6] e a brasileira [7]. Com efeito, a resistência mecânica das alvenarias depende os blocos mas também das argamassas que as constituem. Daí que, num estudo em que se pretende caracterizar e comparar diversos blocos de terra para a construção de paredes de alvenaria, se procedeu previamente à caracterização de diferentes argamassas. Essas argamassas procuraram ser constituídas com materiais compatíveis com as alvenarias. Com base nos resultados obtidos, realizaram-se provetes de blocos e argamassa de assentamento para ensaio à compressão. Os resultados vão ser apresentados e discutidos neste artigo.

2. CAMPANHA EXPERIMENTAL

Vão ser analisados cinco lotes de blocos maciços, que se distribuem por três tipos de fabricação:

- 2 lotes de blocos maciços de terra crua comprimida (BTC) provenientes da empresa Solbloc, perto de Badajoz, Espanha, e de Montemor-o-Novo (telheiro da Encosta do Castelo), e que se vão designar como B - de Badajoz - e E - da Encosta;
- 2 lotes de blocos maciços de terra crua não comprimida mecanicamente, provenientes de Évora (telheiro do Gaio) e de Montemor-o-Novo, que se vão designar como C e como TC, respectivamente;
- 1 lote de tijolos maciços cozidos, produzidos a partir do lote de tijolos crus de Montemor-o-Novo, e que se vão designar como TB .

Na tabela 1 apresenta-se um resumo da designação de cada tipo de blocos em estudo, com as respetivas dimensões. Inicialmente foram realizados ensaios de caracterização às terras utilizadas em cada lote de blocos e posteriormente foram realizados ensaios aos blocos. Estes foram produzidos a partir de terras locais, logo diferentes. De salientar que todos os blocos de Montemor foram produzidos a partir da mesma terra, sendo que o lote E, de BTC, para além da terra tem incorporação de resíduo de construção e demolição (RCD) após passagem numa britadeira existente na Câmara Municipal de Montemor-o-Novo. Em volume é constituído por 75% de solo e 25% de RCD. Os RCD resultantes da britadeira têm várias gamas de granulometria. A gama que existe em maior quantidade possui material com granulometria até aos quatro milímetros e foi essa a gama utilizada para a produção dos blocos E.

A escolha da proporção de solo e material reciclado dos blocos E resultou de vários ensaios

empíricos que o produtor realizou. Alguns blocos que foram produzidos para otimização da mistura foram, por exemplo, auscultados ao som da batida do dedo e deixados cair de uma certa altura. Os resultados foram interpretados pelo operador que os realizou.

Tabela 1. Quadro resumo das designações e dimensões dos blocos dos lotes em estudo

Lote de blocos	Designação	Dimensões dos blocos [cm]
BTC's da Encosta, Montemor-o-Novo	E	29,5x14x9
BTC's de Badajoz, Espanha	B	29,5x14x9
Adobes de Évora	C	32x16x7
Adobes de Montemor-o-Novo	TC	32x16x8
Tijolos cozidos de Montemor-o-Novo	TB	32x16x8

Os blocos E possuíam ainda uma percentagem de 6,25% de cal hidráulica face à massa de solo e os blocos B foram estabilizados com cal aérea e cimento, numa proporção de ligante/solo de 5% e 1,7% em massa, respectivamente. Os restantes blocos não foram estabilizados quimicamente com qualquer ligante.

3. CONSTITUINTES PRINCIPAIS DOS BLOCOS E DAS ARGAMASSAS

Designou-se o solo de Badajoz por SB (solo Badajoz); o solo de Montemor-o-Novo, que provém da Herdade da Adua, foi designado por SM (solo de Montemor); o solo de Évora não foi analisado. As curvas granulométricas dos solos SB e SM, do RCD e da mistura de solo SM e RCD utilizada para os blocos E são apresentadas na Figura 1. A preparação de cada amostra seguiu a especificação de ensaio E 195 do LNEC [8]. A análise granulométrica foi realizada com base nas especificações de ensaio E 196 [9] e E239 [10], também do LNEC.

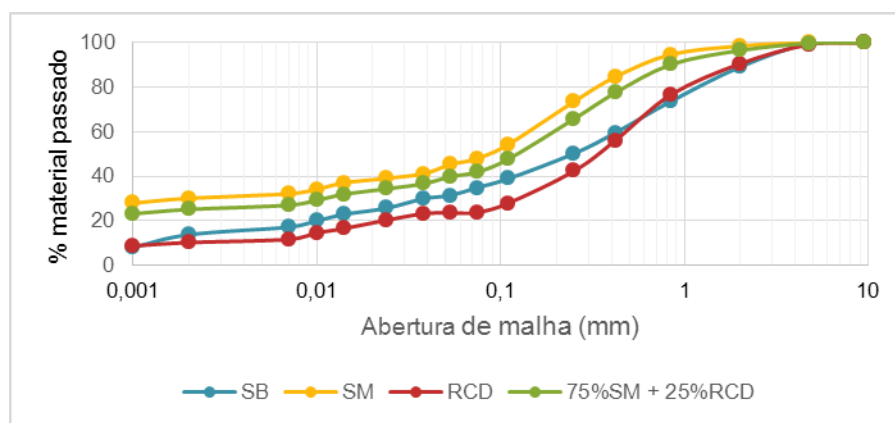


Figura 1. Curvas granulométricas do solo de Badajoz SB, de Montemor SM, do RCD e da mistura dos anteriores para os blocos E

Na Figura 2 apresenta-se a curva granulométrica da areia de rio que irá ser utilizada para a formulação das argamassas para assentamento das alvenarias com os blocos.

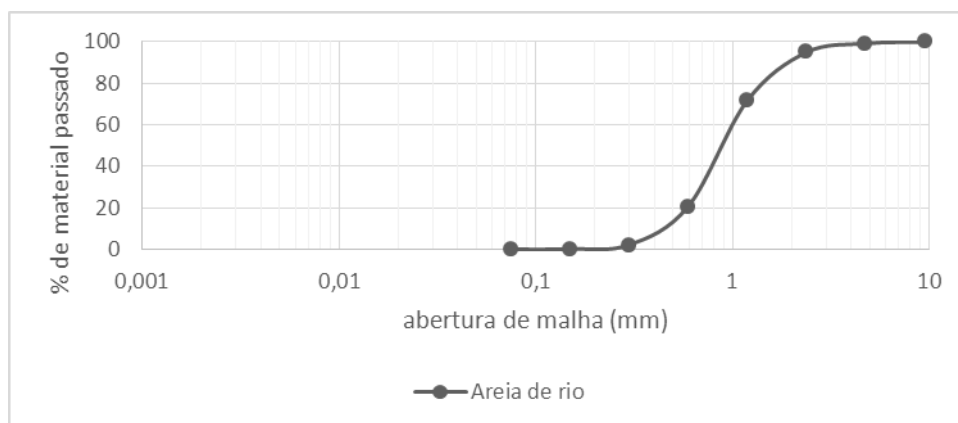


Figura 2. Curva granulométrica da areia de rio utilizada para as argamassas

A cal hidráulica utilizada para a estabilização química dos blocos E foi a HL5 da Secil. A cal aérea e o cimento utilizados para estabilização dos blocos B foram provenientes de produtores espanhóis não identificados.

As cals utilizadas para a formulação das argamassas foram a cal aérea (hidratada em pó) H100 disponibilizada pela Lusical e a cal hidráulica natural NHL3.5 disponibilizada pela Secil.

4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DAS ALVENARIAS

4.1. Descrição geral do ensaio

O ensaio de resistência à compressão é um importante parâmetro para caracterizar qualquer material de construção. No caso em questão ainda mais relevo tem este ensaio devido ao facto destes blocos podem vir a ser usados em construção autoportante, com alvenaria resistente.

Os blocos que constituem os provetes são ensaiados à compressão na direcção em que vão ser aplicados geralmente em obra, isto é, com a face que tem a maior área em contacto com os pratos da prensa. É aplicada uma carga a velocidade constante ou definindo uma velocidade para o deslocamento dos pratos da prensa. Para a realização deste ensaio teve-se como base a norma NBR 8492 [7]. Esta refere que os blocos, antes de ensaiados, devem ser imersos em água para atingirem a saturação. No entanto, optou-se por realizar o ensaio com provetes de cada bloco em estado seco e em estado saturado. Foram consultadas outras especificações de ensaio e normas, nomeadamente do CRATERre [11], a NTC 5324 [12], NZS 4298 [13] e a NP EN-772-1 [14] - esta última referente aos blocos de alvenaria cerâmicos cozidos, como é o caso dos blocos TB. Algumas das normas sugerem utilizar-se uma argamassa cimentícia mas, na procura de argamassas de menor energia incorporada e o mais semelhantes possíveis aos próprios blocos, para assegurar compatibilidade entre materiais, esta hipótese foi rejeitada.

O ensaio consiste em submeter um provete de alvenaria, constituído por duas metades de bloco, assentes com argamassa, e levar o material à rotura por compressão. Cada bloco em ensaio é cortado ao meio e unido através de uma argamassa previamente estudada e preparada de preferência com o solo com que realizou os blocos.

4.2. Escolha da argamassa

Para definir qual o tipo de argamassa a utilizar na ligação entre as duas metades foram realizados ensaios de compressão a diferentes tipos de argamassas previamente definidas. A escolha do ligante teve como base a estabilização adoptada pelos fabricantes dos blocos. Tal como referido anteriormente, nos blocos E e B houve estabilização química através da adição de ligantes minerais;

nos restantes blocos não houve utilização de ligantes. No caso dos blocos C foi definida a utilização, como argamassa de assentamento, da argamassa de terra que o próprio fabricante disponibilizou, de constituição idêntica à usada na produção dos respetivos blocos. Como os blocos E foram estabilizados com cal hidráulica HL5, definiu-se que na argamassa destes blocos iria utilizar-se uma cal hidráulica natural também da Secil (NHL3.5). Como os blocos B foram estabilizados com cal aérea e cimento apontou-se para a utilização de argamassa também com NHL3.5. Esta escolha encontra justificação no facto das características de uma cal hidráulica natural ter propriedades hidráulicas como o cimento mas também características da cal aérea.

Inicialmente pretendeu-se avaliar as características de argamassas-padrão, utilizando uma areia de rio como agregado e, alternativamente, os dois tipos de ligantes CL e NHL 3,5, com os traços volumétricos de 1:2 e 1:3 ou 1:3 e 1:4, respetivamente. Na Tabela 3 apresentam-se as quantidades de ligante, agregado e água utilizados em cada argamassa desta fase. A cal aérea designa-se, a partir daqui, por CL e a cal hidráulica natural designa-se por NHL. A quantidade de água adicionada foi a necessária para se obterem argamassas com trabalhabilidade considerada adequada para ser aplicada nos blocos.

Tabela 2. Quantidades de material das argamassas da 1ª fase

Argamassa	Areia [cm ³]	Ligante [cm ³]	Água [cm ³]	Relação vol. água/mat. Seco [-]
1:2 CL	836	418	350	0.419
1:3 CL	940.5	313.5	325	0.346
1:3 NHL	940.5	313.5	280	0.298
1:4 NHL	836	209	250	0.299

Foram realizados três provetes de 4x4x16 [cm] de cada argamassa, que foram acondicionados numa sala a 20±3°C e 65±5% de humidade relativa, tendo sido desmoldados ao fim de dois dias e logo de seguida ensaiados à compressão (às 48 horas), bem como aos 7 dias de idade.

Numa fase seguinte do estudo foi avaliada a possibilidade de se utilizar, para a formulação das argamassas com NHL, o próprio solo utilizado para a produção dos blocos estabilizados. Neste caso o solo foi utilizado em substituição da areia de rio, tendo-se produzido novas argamassas e provetes e realizado ensaios de compressão nas mesmas condições, às 48 horas e aos 7 dias. Optou-se por traços volumétricos de 1:4 e 1:5. Na tabela 3 apresentam-se o tipo de solo utilizado e as quantidades de constituintes das argamassas.

Tabela 3. Solo utilizado e quantidades de material utilizado nas argamassas da 2ª fase

Argamassa	Solo	Agregado [cm ³]	Ligante [cm ³]	Água [cm ³]	Relação vol. água/mat. Seco [-]
1:4 NHL_SM	SM	836	209	340	0.407
1:5 NHL_SM		1045	209	400	0.383
1:4 NHL_SB	SB	836	209	300	0.359
1:5 NHL_SB		1045	209	325	0.311

4.3. Resistência à compressão das argamassas

O ensaio foi realizado com base no procedimento estipulado pela norma EN 1015-11:1999 [15] e utilizando uma máquina de tracção universal ZWICK Z050, com uma célula de carga de 50kN. Os três

provetes de cada argamassa foram partidos ao meio manualmente. Uma das metades de cada provete foi ensaiada às 48 horas e a outra metade aos 7 dias, resultando uma média de três em cada idade de cura.

Foi aplicado um carregamento, numa área de 40x40 [mm], através da imposição de um deslocamento dos pratos da prensa para uma velocidade constante de 0,2 mm/s, até se dar a rotura dos provetes. O carregamento aumentou uniformemente até ocorrer rotura. Foi registado o valor da carga última de rotura, correspondente ao valor máximo de força aplicada ao provete, e verificável no gráfico força-deslocamento traçado pelo *software* do equipamento. Os valores de resistência à compressão resultam do quociente entre a carga última de compressão e a área da secção comprimida. Apresentam-se, na tabela 4, os valores médios e os desvios-padrão das resistências mecânicas relativos aos provetes de argamassas em estudo.

Tabela 4. Tabela de resumo dos valores de compressão realizados aos provetes

			48 Horas		7 Dias	
Agregado	Ligante	Traço	σc [MPa]		σc [MPa]	
			Média	Desv P	Média	Desv P
Areia de rio	NHL 3.5	1:3	0.23	0.00	1.09	0.06
		1:4	0.14	0.01	0.74	0.09
	CL	1:3	0.10	0.02	0.51	0.05
		1:2	0.13	0.01	0.71	0.08
Solo de Évora	-	-	0.61	0.12	9.16	0.29
Solo SM	NHL 3.5	1:4	0.32	0.01	0.52	0.01
		1:5	0.27	0.00	0.44	0.01
Solo SB		1:4	0.47	0.01	0.90	0.05
		1:5	0.42	0.02	0.80	0.03

Um parâmetro muito importante de referir foi que as argamassas de terra tiveram uma rotura bastante dúctil, quase semelhante à rotura de um aço. Considera-se que esta é uma característica muito importante numa argamassa de alvenaria, que seja usada como ligação entre blocos, como se pode constatar na figura 3.

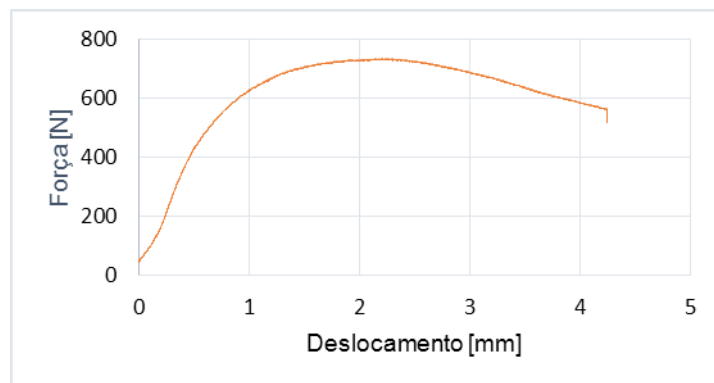


Figura 3. Rotura de um provete da argamassa 1:4 NHL_SB às 48 horas de idade

A resistência à compressão dos blocos pode ser estimada a partir dos valores da sua resistência à tracção por flexão, como define Morel *et al.* [16][17]. No caso dos BTC's E e B a resistência à compressão estimada é apresentada na tabela 5.

Tabela 5. Valores estimados dos valores de resistência à compressão dos blocos E e B através do ensaio de flexão

BTC		σ_c estimado [MPa]
	E	0.424
	B	1.587

Na Figura 4 apresentam-se as resistências das argamassas e as resistências estimadas dos blocos E e B. Para visualização dos valores de todas as argamassas, limitou-se a escala a 2 MPa. No entanto, recorda-se da tabela 4 que a resistência à compressão da argamassa de terra foi de 9,16 MPa.

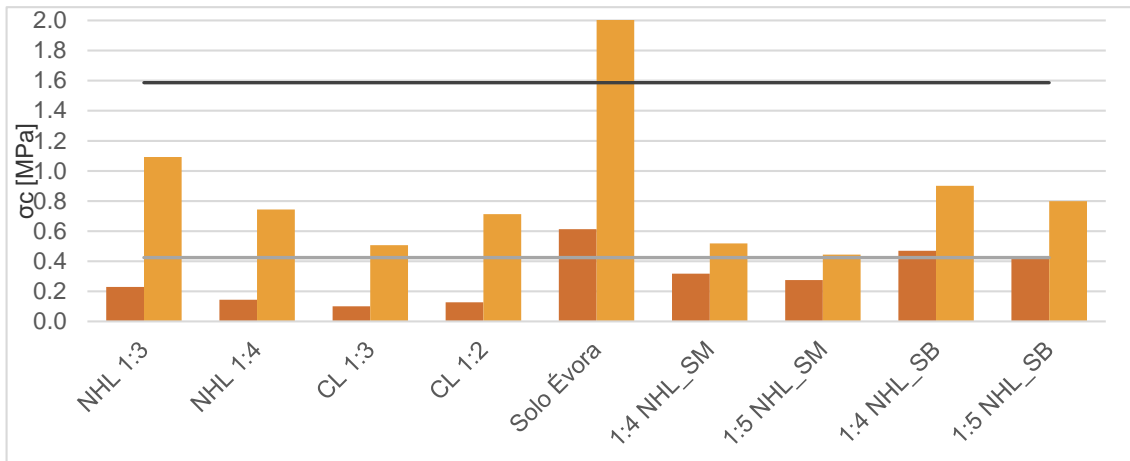


Figura 4. Valores de resistência à compressão das argamassas e valores estimados dos blocos E e B

Dos resultados de resistência à compressão obtidos sobressai a elevada resistência obtida pela argamassa de terra de Évora às 48h e particularmente aos 7 dias.

Após a análise ponderada da figura anterior decidiu-se adoptar: a argamassa 1:4 NHL_SM para a caracterização dos blocos E, TC e TB; a argamassa 1:4 NHL_SB para a caracterização dos blocos B. Já tinha ficado decidido adoptar a argamassa de terra de Évora para caracterizar os blocos C.

4.4. Resistência à compressão dos blocos

Tal como se referiu, os blocos foram preparados para serem ensaiados de acordo com a norma NBR 8492 [7], conforme se irá descrever:

- cortou-se o bloco ao meio com o auxílio de uma serra eléctrica, perpendicularmente à sua maior dimensão e procedeu-se à limpeza das faces com ar comprimido para retirar o pó acumulado;
- colocaram-se as duas metades dentro de um tabuleiro com cerca de 1 cm de água no fundo, durante aproximadamente 10 minutos (Fig.5 – eq.);
- retirou-se uma das metades e colocou-se no molde previamente realizado em madeira; este passo só se realizou nos blocos E e B (BTC) devido às dimensões dos outros lotes serem diferentes;
- colocou-se a argamassa previamente preparada sobre a face de uma das metades do bloco (Fig.5 – centro);
- sobrepôs-se a outra metade do bloco, realizando pressão para nivelar a superfície, tendo o cuidado das faces que foram cortadas fiquem em direcções opostas (Fig.5 – dir.).



Figura 5. Preparação dos provetes para ensaio de compressão com humedecimento da superfície de colagem dos blocos (esq.), colocação de argamassa de ligação entre as metades dos blocos nos moldes (centro) e acerto (dir.)

Nos provetes dos blocos C, TC e TB, devido às suas dimensões serem diferentes dos provetes constituídos por BTC's, a sobreposição não ocorreu nos moldes preparados; os provetes foram nivelados e centrados com a ajuda visual e de um nível de bolha (Figura 6 – esq. e centro). Para que os pratos da prensa tenham um contacto homogêneo com os blocos teve-se o cuidado de, através da utilização de um disco de desbaste para betão, desgastar-se ambas as faces dos blocos que se encontrassem mais irregulares (Figura 6 – dir.). Este procedimento foi apenas necessário para os blocos C, TC e TB. Para os blocos dos lotes de BTC (E e B) não houve necessidade deste procedimento.



Figura 6. Preparação dos provetes para ensaio à compressão fora dos moldes (esq. e centro) e retificação das superfícies (dir.).

Após a realização das operações descritas anteriormente, os blocos foram colocados de novo na sala climatizada onde já se encontravam antes irem ser preparados, com temperatura e humidade relativa controladas de $20\pm3^{\circ}\text{C}$ e HR de $65\pm5\%$. O ensaio de compressão foi realizado sete dias após os provetes de alvenaria terem sido preparados. Foi usada uma prensa FORM-TEST, modelo BETA2-3000E com uma capacidade máxima de 3000 kN (Figura 7). A velocidade de carga aplicada foi de 0,5 kN/s. É importante que o ensaio dure pelo menos 15 segundos; caso contrário em vez de se aplicar uma carga estática estava-se a aplicar uma carga dinâmica [11].

A prensa não permite retirar os dados de deslocamento e força em cada instante, o que inviabiliza criar gráficos de força em função do deslocamento; assim sendo, apenas se registou a carga última de rotura de cada provete com os diferentes tipos de blocos.

Tal como referido foram também ensaiados os provetes de alvenaria em estado húmido. Para este ensaio os provetes foram totalmente imersos dentro de água nas 24 horas antes do ensaio ser realizado. Cerca de trinta minutos antes do ensaio, os provetes de alvenaria retiraram-se de dentro de

água e limpou-se a água em excesso.



Figura 7. Provete de blocos B no ensaio de compressão na prensa.

O ensaio dos provetes de alvenaria em estado húmido não se pode realizar com os blocos TC e C, só de terra crua e sem qualquer estabilização por ligante, devido ao facto destes não suportarem imersão prolongada em água.

Ao longo dos ensaios pôde-se constatar que as argamassas não colapsaram e não foi criado um efeito de confinamento das faces laterais dos blocos. Na Figura 8 vê-se claramente a criação de cones de compressão. Devido a estes factos, foi decidido não aplicar fatores de forma para correcção dos valores de compressão, tal como sugere Morel et al. [16].



Figura 8. Provete de alvenaria com blocos B (esq.) e E (dir.) após ensaios de compressão.

Todos os resultados da resistência à compressão dos provetes de alvenaria são apresentados na Tabela 6 e na Figura 9.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Um dos problemas que se teve aquando do ensaio a seco dos blocos E foi que o valor de pré-carga que a prensa aplica é de cerca de 10 kN. Como o ensaio tem de durar pelo menos 15 segundos a uma velocidade de 0,5 kN/s, o valor mínimo que se pode ensaiar é de cerca 17,5 kN. Na alvenaria a

seco os valores são superiores a este mas para o estado saturado era esperado que o valor descesse, pelo que os provetes corriam o risco de não poderem ser ensaiados nesta prensa. Então recorreu-se à máquina de tracção anteriormente utilizada para determinar a resistência à compressão das argamassas. Assim pode-se ter alguma incerteza na resistência à compressão desta alvenaria com blocos E já que foram utilizados dois equipamentos distintos.

Tabela 6. Resistência à compressão dos provetes de alvenaria em estados seco e húmido

Bloco/argamassa	Seco				Húmido			
	Força máx. (kN)	σc [MPa]			Força colapso (kN)	σc [MPa]		
		Indiv.	Média	Desvio padrão		Indiv.	Média	Desvio padrão
B/1:4 NHL_SB	86	4.27	4.22	0.57	41	2.07	2.36	0.25
	71	3.56			52	2.62		
	99	4.95			45	2.26		
	82	4.12			49	2.50		
E/1:4 NHL_SM	20	1.01	0.88	0.09	11.67	0.59	0.54	0.04
	17	0.86			10.54	0.52		
	16	0.82			11.01	0.54		
	17	0.85			9.95	0.49		
TC/1:4 NHL_SM	72	3.08	3.15	0.28				
	68	2.99						
	87	3.56						
	74	2.97						
TB/1:4 NHL_SM	196	8.16	8.88	0.50	172	7.40	9.50	2.09
	210	8.94			271	11.46		
	218	9.31			263	11.13		
	213	9.10			186	8.03		
C/terra	56	2.46	2.25	0.20				
	46	2.00						
	54	2.36						
	50	2.18						

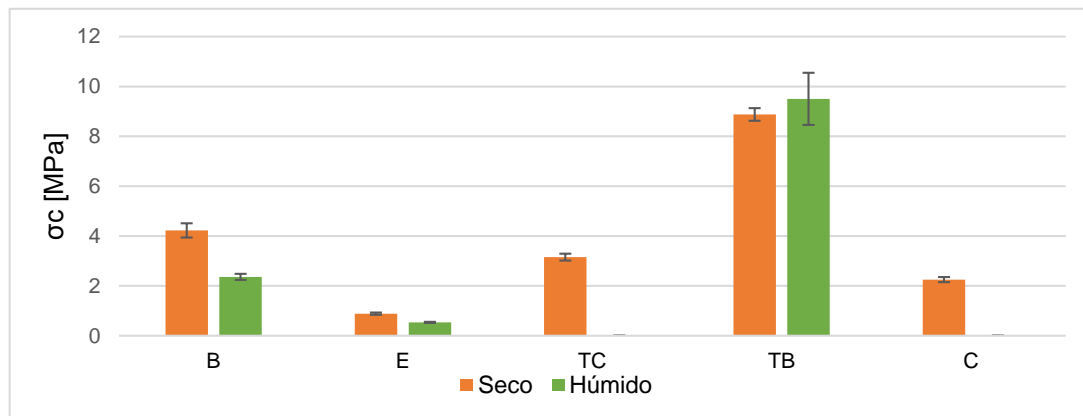


Figura 9. Resistência à compressão dos provetes de alvenaria

A resistência dos blocos TC para os blocos TB aumentou em cerca de três vezes. Esta diferença de resistência entre blocos constituídos pelo mesmo material deve-se ao facto dos blocos TB serem posteriormente cozidos constituindo tijolos maciços de barro vermelho. Verifica-se assim o grande acréscimo que pode ser obtido pela calcinação dos blocos, associada também a um acréscimo energético para efetuar esse tratamento térmico.

A resistência destes tijolos TB parece aumentar do estado seco para o húmido, mas o elevado desvio padrão não permite confirmar essa tendência. Nos provetes com blocos E e B BTC's estabilizados quimicamente) a resistência à compressão diminuiu para cerca de metade quando foram ensaiados no estado húmido.

Pela positiva são de salientar os valores registados para os blocos TC e C, constituídos por terra não estabilizada quimicamente, com valores que ultrapassam os 2 MPa. Pela negativa, no entanto, são de salientar os baixos resultados obtidos com a alvenaria dos blocos E. Esses resultados podem ficar a dever-se a diversos aspetos, como sejam a incorporação de 25% de RCD, com características muito distintas de uma terra, e eventual cura dos blocos (estabilizados com HL5) demasiado seca. Segundo a norma colombiana NTC 5324 [12] os blocos B (BTC da Solbloc) são classificados quanto a resistência à compressão como "BSC 40"; segundo a norma Espanhola UNE 41410 [6] os mesmos blocos podem-se classificar como "BTC 3". Embora o ensaio realizado não tenha seguido todos os procedimentos indicados nesta última norma, foi na globalidade semelhante.

Este estudo continua em curso, alargando a caracterização de blocos de terra, com base na normalização existente. Salienta-se o interesse em, à semelhança do que já existe noutros países, se estabelecerem normas nacionais que permitam balizar esta caracterização, assim como classificar os blocos de terra e as argamassas para o seu assentamento produzidos em Portugal.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se a disponibilização de blocos aos telheiros da Encosta do Castelo (Montemor-o-Novo, Arq. Nuno Grenha) e do Gaio (Évora, Sr. António Paulo) e à Solbloc (Aceuchal, Arq. Miguel Rocha). Agradece-se a disponibilização de cal aérea e de cal hidráulica natural respetivamente à Lusical e à Secil.

REFERÊNCIAS

- [1] Anger, R., Fontaine, L., 2009. *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture*, Éditions Belin, Paris.
- [2] M.I. Gomes, T.D. Gonçalves e P. Faria, "Unstabilised rammed earth: characterization of material collected from old constructions in South Portugal and comparison to normative requirements", *Int J. Architectural Heritage*, vol. 8, pp. 185-212, 2014.
- [3] P. Faria, T. Santos e V. Silva, "Earth-based mortars for masonry plastering", in *9th International Masonry Conference*, 7-9 July 2014, Univ. Minho, Guimarães (aceite para publicação).
- [4] NABau, DIN 18946: 2013 - Earth masonry mortar – Terms and definitions, requirements, test methods (em alemão), Berlin.
- [5] NABau, DIN 18945: 2013 - Earth blocs – Terms and definitions, requirements, test methods (em alemão), Berlin.
- [6] AENOR, UNE 41410: 2008 - Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo, Asociación Española de Normalización y Certificación.
- [7] ABNT, NBR 8492: 1983 - Tijolo Maciço de Solo-Cimento - Determinação da Resistência à Compressão e da Absorção d'Água, Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [8] LNEC, E 195: 1966 – Solos. Preparação por via seca de amostras para ensaios de identificação, Lisboa.
- [9] LNEC, E 196: 1966 – Solos. Análise granulométrica, Lisboa.
- [10] LNEC, E 239: 1970 – Solos. Análise granulométrica por peneiração húmida, Lisboa.
- [11] CRATerre, "Blocs de Terre Comprimée," 2000.

- [12] ICNTC, NTC 5324: 2014 - Bloques de suelo semento para muros y divisiones. Deficiones. Especificaciones. Métodos de ensayo. Condiciones de entrega, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- [13] NZS 4298: 1998 - Engineering Desing of Earth Building. Standards New Zealand.
- [14] IPQ, NP EN 772-1: 2002 - Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 1: Determinação de resistencia à compressão, Caparica.
- [15] CEN, EN 1015-11: 1999 – Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar, Brussels.
- [16] J.-C. Morel, A. Pkla e P. Walker, “Compressive strength testing of compressed earth blocks,” *Construction and Building Materials*, vol. 21 (2), pp. 303–309, 2007.
- [17] J. C. Morel e A. Pkla, “A model to measure compressive strength of compressed earth blocks with the ‘3 points bending test’”, *Construction and Building Materials*, vol. 16 (5), pp. 303–310, 2002.